



INSTITUTO FEDERAL
Ceará

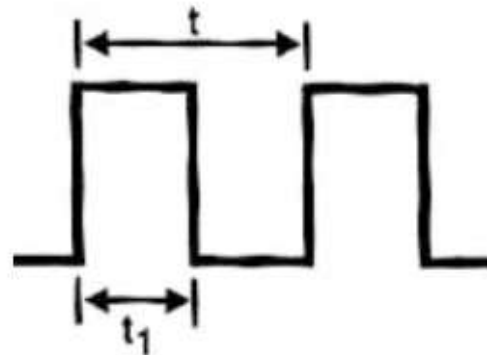
Eletrônica para Informática

PWM



PWM – Pulse Width Modulation

- Modulação em Largura de Pulso
- Trata-se de uma modulação digital / em sinal digital
- Dois níveis de sinal: on (ou '1') e off (ou '0')
- PWM - Controle de quanto tempo um sinal digital fica em "on" em uma determinada janela de tempo fixa (chamada de período).
- O tempo em on é representado por t_1 e o período por t .





PWM – Pulse Width Modulation

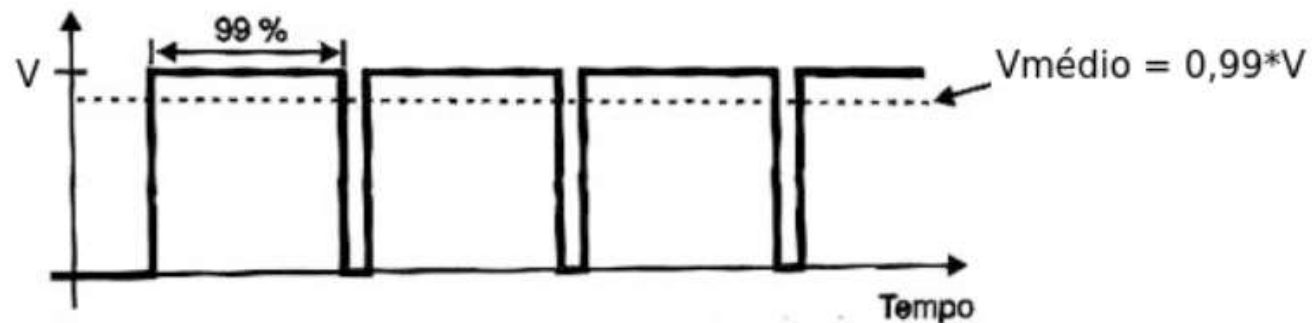
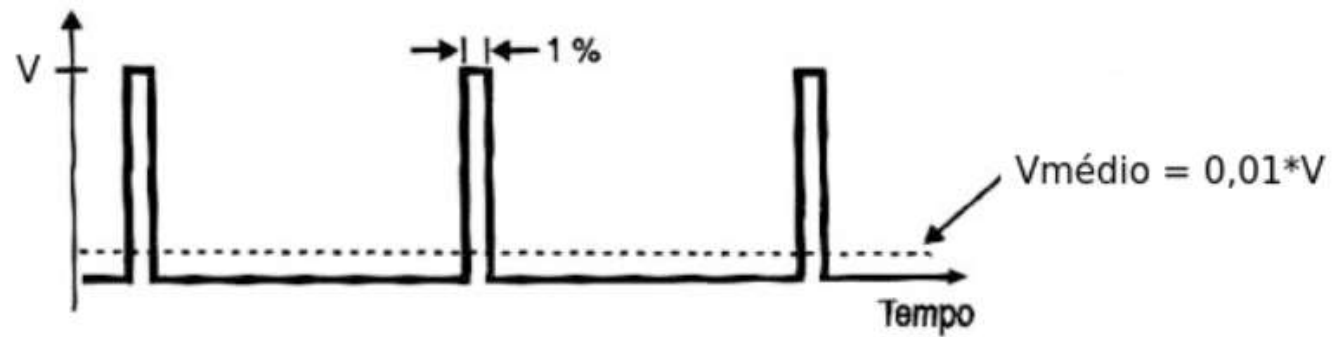
$$DutyCycle = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \cdot 100$$

- Função do Arduíno : "analogWrite(PINO, VALOR_ANALOGICO);"
- Pino: Número do pino do Arduino o qual se deseja que o sinal PWM seja gerado.
- Valor Analógico: Saídas com símbolo/identificação "~ " podem gerar sinais PWM.
- Valor (de 0 a 255), proporcional ao Duty Cycle a ser gerado.
- Exemplo : Para Duty Cycle de 100%, deve-se utilizar valor 255, já para Duty Cycle 20% deve-se utilizar o valor 51 e assim por diante.



PWM – Pulse Width Modulation

$$DutyCycle = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \cdot 100$$

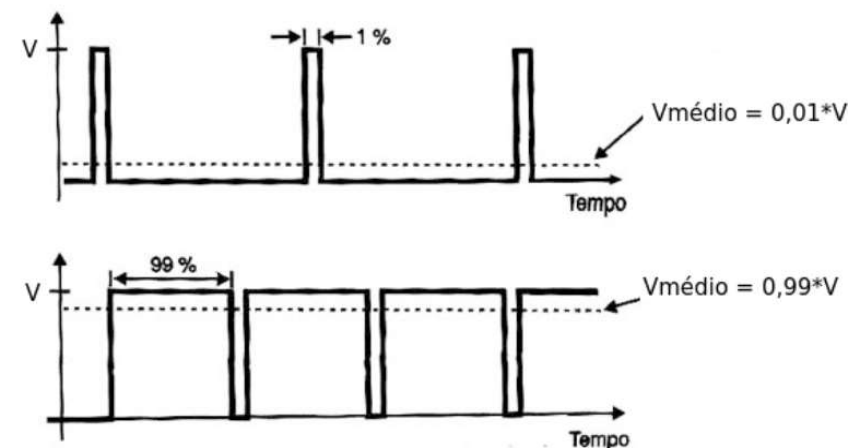




PWM – Pulse Width Modulation

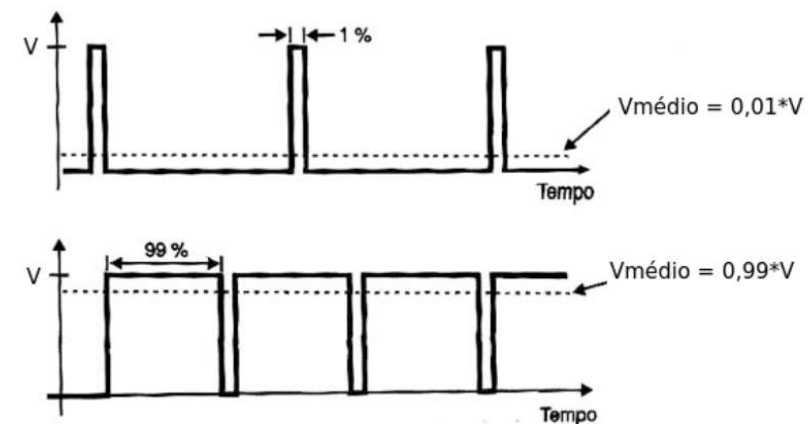
A frequência do PWM no Arduino são:

- Aprox. 1KHz(976.56 Hz) nos pinos 5 e 6
- Aprox. 500 Hz (488.28 Hz) nos pinos 3,9,10,11





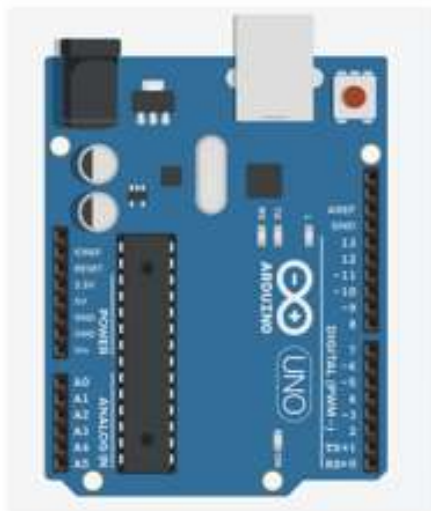
PWM – Pulse Width Modulation





Exercício: Utilizando uma placa Arduino, projete hardware e firmware para controlar a intensidade do acendimento de um LED, conforme abaixo:

- 100% da intensidade máxima por 2s;
- 50% da intensidade máxima por 3s;
- 10% da intensidade máxima por 1s;
- Repetir a partir de a.



DADOS DO FABRICANTE:

$$V_{LED} = 2V$$

$$I_{LED} = 10 \text{ mA}$$



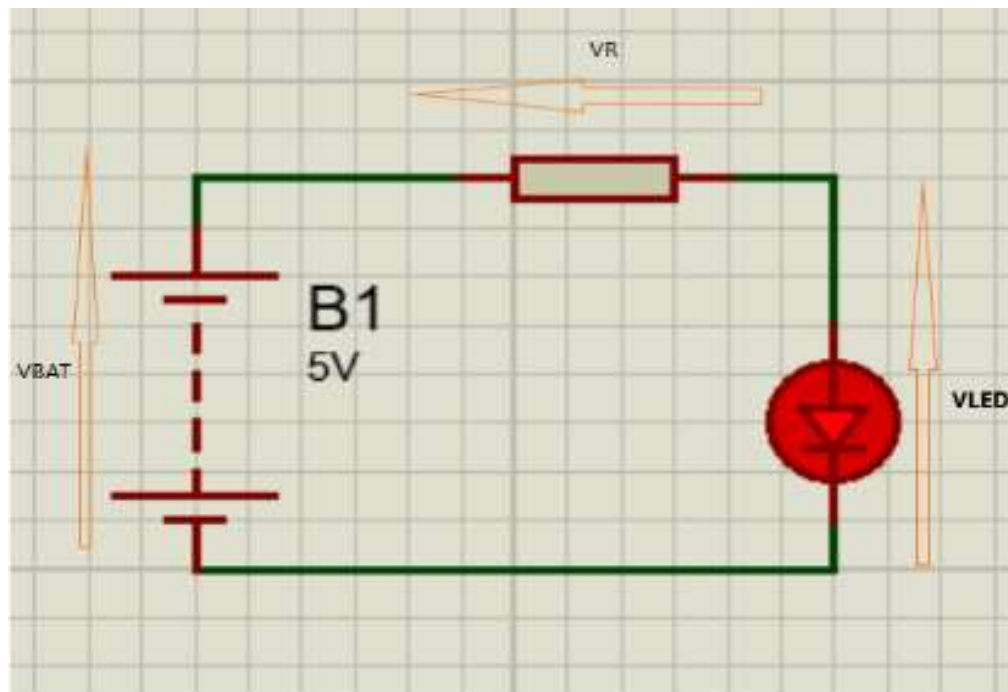
LED VERMELHO



DADOS DO FABRICANTE:

$V_{LED} = 2V$

$I_{LED} = 10\text{ mA}$



CÁLCULO DO VALOR DE “R”

$$V_{BAT} = V_{LED} + V_R$$

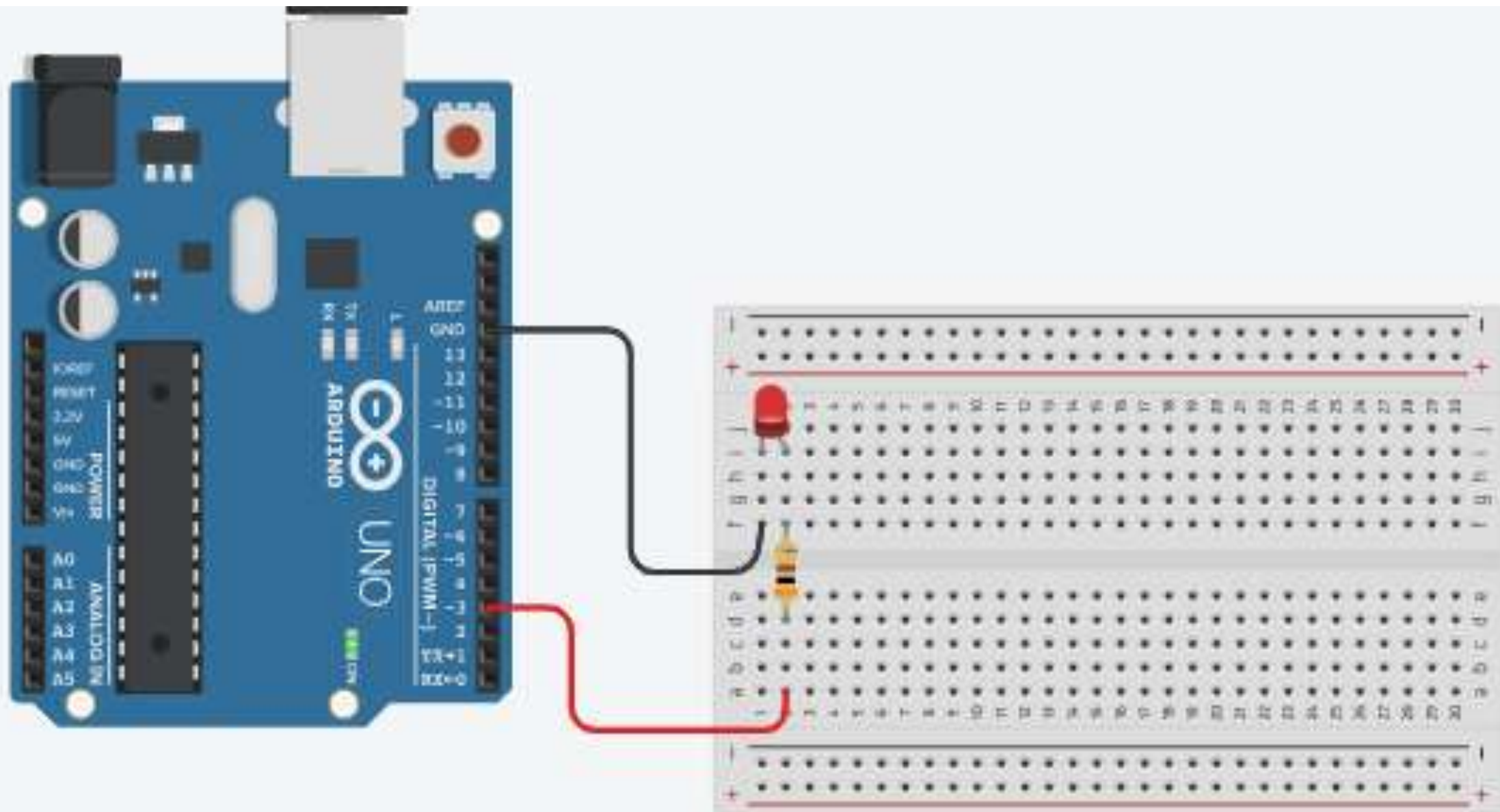
$$5V = 2V + V_R$$

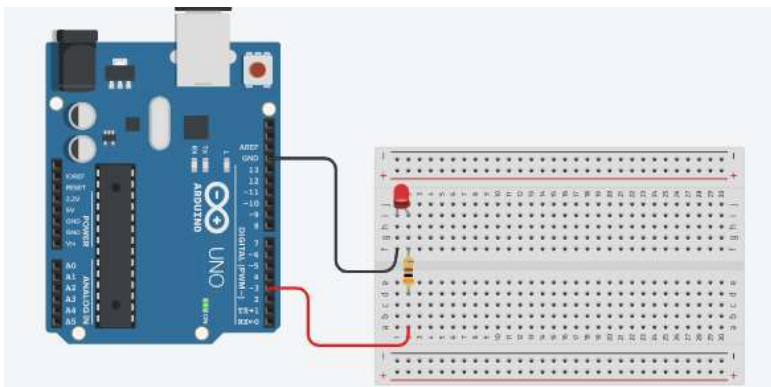
$$V_R = 3V$$

$$R = V_R / I_R$$

$$R = 3V / 10\text{mA}$$

$$R = 300\text{ ohms}$$





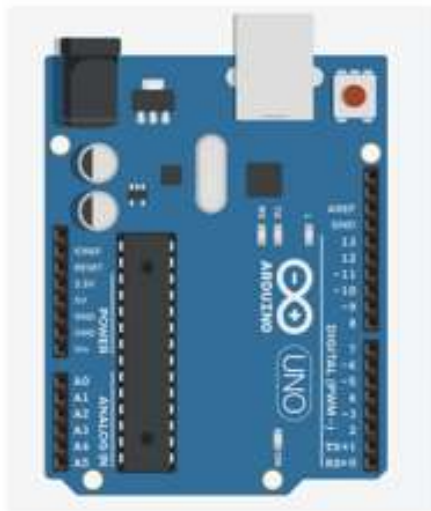
- a. 100% da intensidade máxima por 2s;
- b. 50% da intensidade máxima por 3s;
- c. 10% da intensidade máxima por 1s;
- d. Repetir a partir de a.

```
1 // C++ code
2
3 void setup()
4 {
5     pinMode(3, OUTPUT); // Saída PWM
6 }
7
8 void loop()
9 {
10    analogWrite(3, 255); // Duty-cycle PWM-100%
11    delay(2000); // Wait for 2000 millisecond(s)
12    analogWrite(3, 128); // Duty-cycle PWM-50%
13    delay(3000); // Wait for 3000 millisecond(s)
14    analogWrite(3, 26); // Duty-cycle PWM-10%
15    delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
16 }
```



Exercício: Utilizando uma placa Arduino, projete hardware e firmware para controlar a intensidade do acendimento de um LED, conforme abaixo:

- Aumentar intensidade de acendimento do LED, em rampa, partindo de 0% e chegando a 80% após 5s;
- Apagar o LED por 3s;
- Repetir a partir de a.



DADOS DO FABRICANTE:

$$V_{LED} = 2V$$

$$I_{LED} = 10 \text{ mA}$$



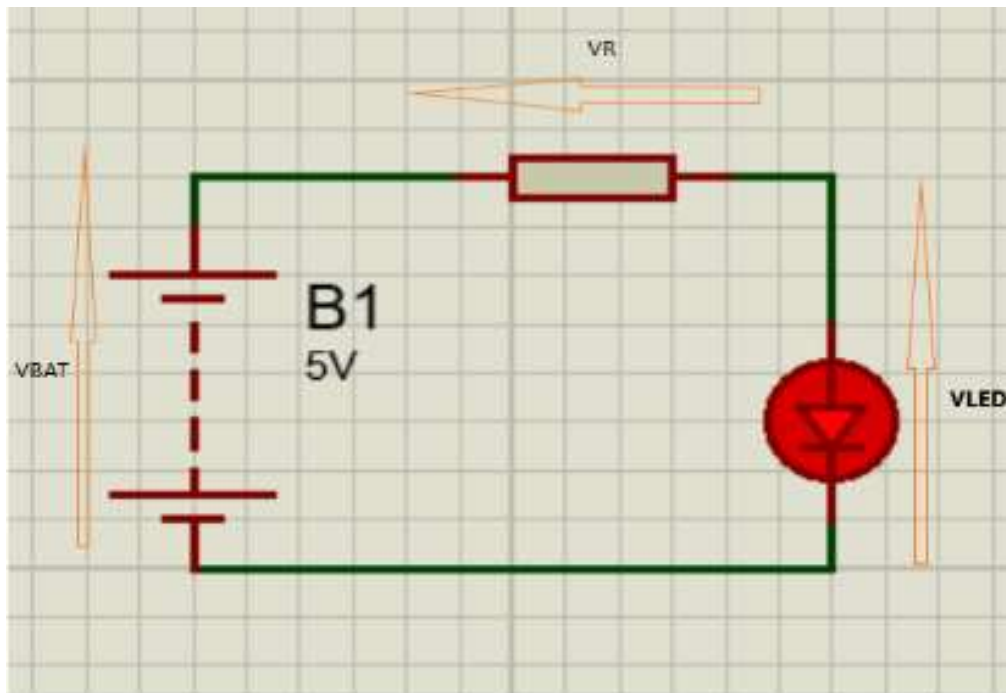
LED VERMELHO



DADOS DO FABRICANTE:

$V_{LED} = 2V$

$I_{LED} = 10\text{ mA}$



CÁLCULO DO VALOR DE “R”

$$V_{BAT} = V_{LED} + V_R$$

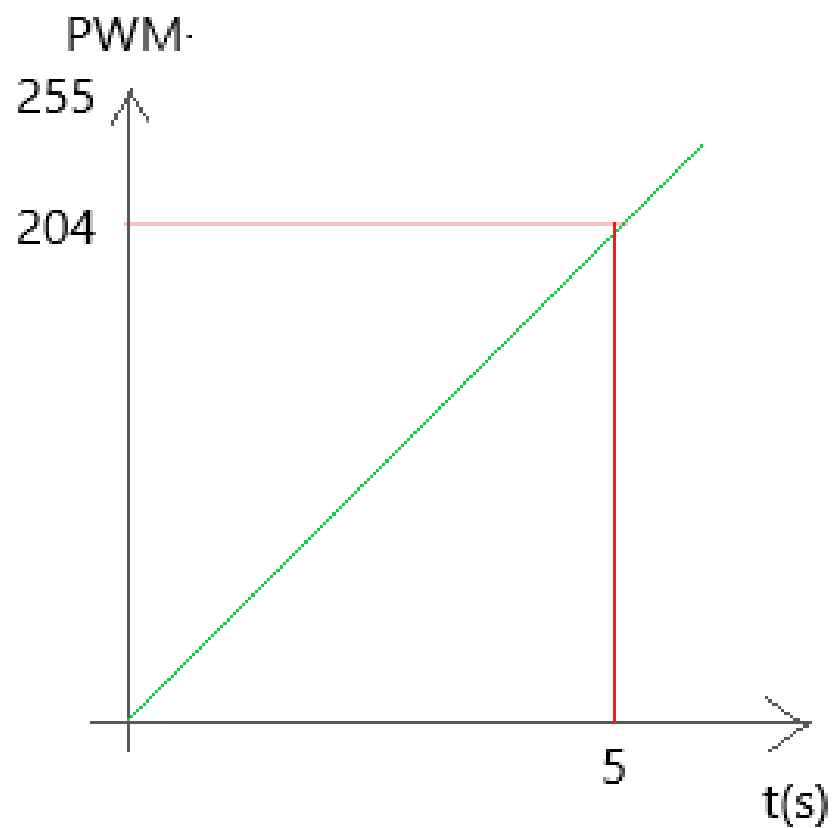
$$5V = 2V + V_R$$

$$V_R = 3V$$

$$R = V_R / I_R$$

$$R = 3V / 10mA$$

$$R = 300\text{ ohms}$$



PWM-80%

100% - 255

80% - X

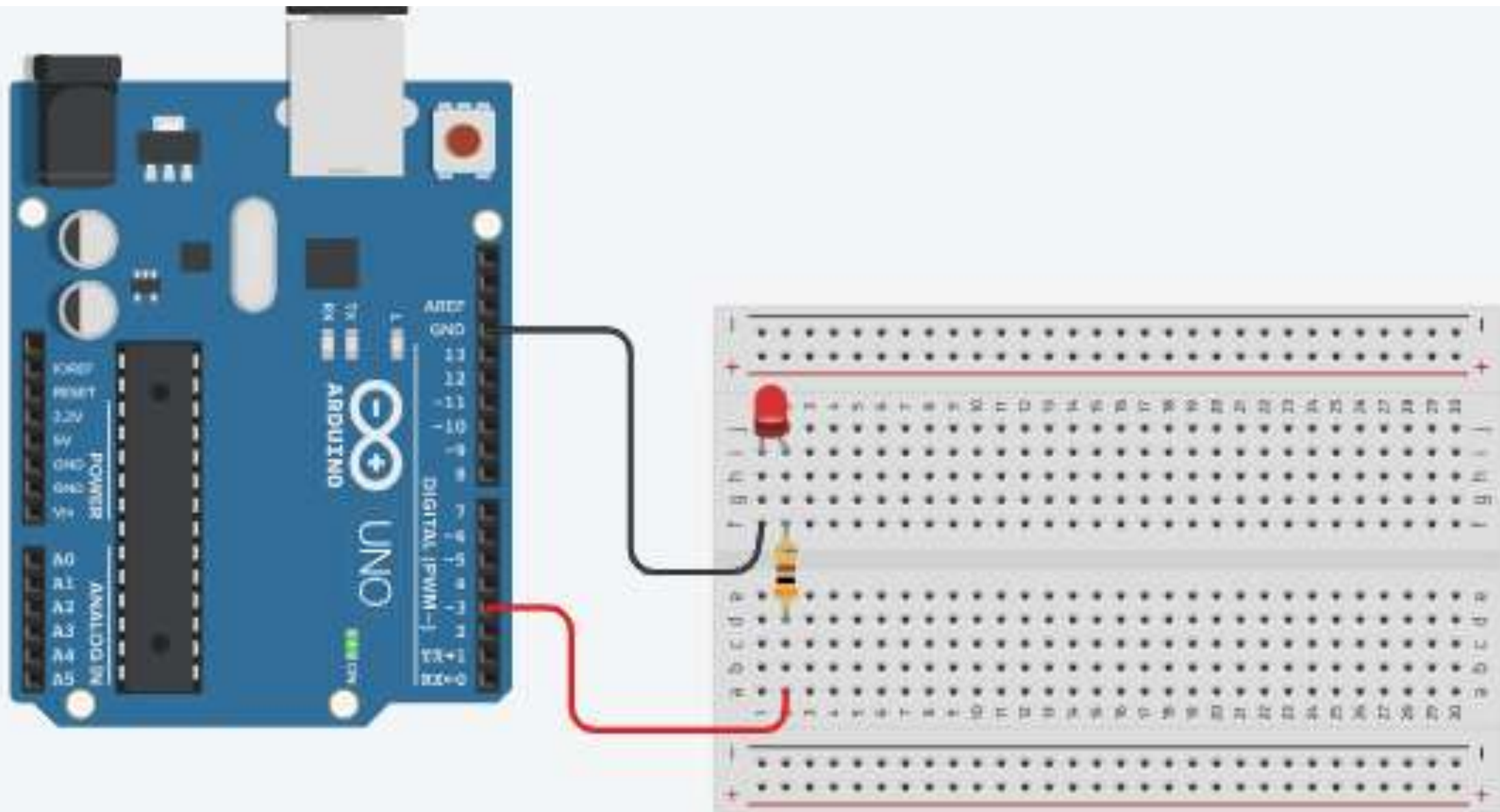
$$X = 80 \cdot 255 / 100$$

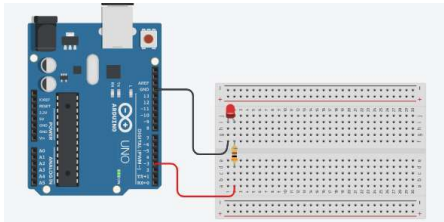
$$x = 204$$

RAMPA -5s

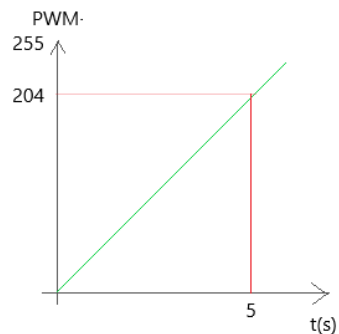
Incremento PWM - $5s/204$

Incremento $\cong 25ms$





- Aumentar intensidade de acendimento do LED, em rampa, partindo de 0% e chegando a 80% após 5s;
- Apagar o LED por 3s;
- Repetir a partir de a.



PWM-80%
100% - 255
80% - X

$$X = 80 \cdot 255 / 100$$
$$x = 204$$

RAMPA - 5s
Incremento PWM - 5s/204
Incremento \cong 25ms

```
1 // C++ code
2
3 void setup()
4 {
5     pinMode(3, OUTPUT); // Saída PWM
6 }
7
8 void loop() {
9     for(int i=0; i<205; i++) {
10        analogWrite(3, i); // Duty-cycle PWM-valor i
11        delay(25); // Wait for 25 millisecond(s)
12    }
13    analogWrite(3, 0); // Duty-cycle PWM 0%
14    delay(3000); // Wait for 3000 millisecond(s)
15 }
```

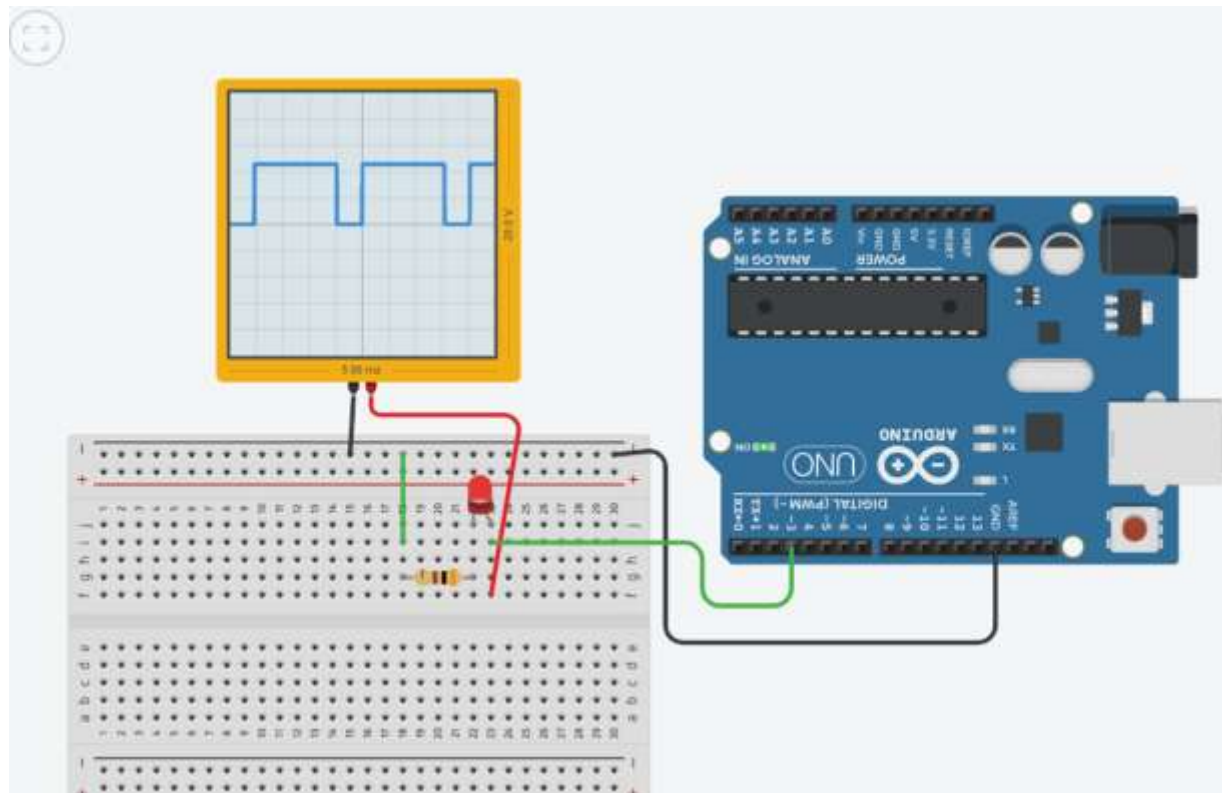


Exercício: Utilizando uma placa Arduíno, projete hardware e firmware para controlar a intensidade do acendimento de um LED, conforme abaixo:

- a. Acender o LED com intensidade de 100% por 1s;
- b. Diminuir a intensidade do acendimento do LED, em rampa, partindo de 100% e chegando a 20% após 5s;
- c. Apagar o LED por 3s;
- d. Repetir a partir de a.



Exercício: Examine o hardware e firmware abaixo e descreva qual o comportamento da intensidade do Led ao longo do tempo:



```
// C++ code
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // open s. port at 9600 bps:
  pinMode(3, OUTPUT);
}

void loop()
{
  int x = 5;
  for (int i = 0; i > -1; i = i + x) {
    analogWrite(3, i);
    if (i == 255) {
      x = -5; // muda a direção
    }
    Serial.println(i);
    delay(50);
  }
}
```